

SURFACE DETERIORATION OF GIC TYPE II BASED ON ITS EXPIRATION DATE AFTER IMMERSION IN CARBONATED DRINK

Muhammad Dian Firdausy*

Keywords:

GIC type II,
Expiration Date,
Surface Hardness,
Surface Roughness

ABSTRACT

Background: Inside the oral cavity, restoration always in contact with wet condition, including carbonated drink with low pH level and erosive potential. Sometimes, materials are stored for prolonged time exceeding their expiration date. This research aimed to determine the effect of expiration date (ED) of GIC type II toward its surface deterioration (surface hardness and roughness) when immersed in carbonated drink.

Method: This was an experimental laboratory using GIC type II with ED of 2014, 2016 and 2021. Ten cylindrical specimens per group were made ($d=10\text{mm}$, $h=2\text{mm}$). Surface hardness and roughness measurements were done prior and after specimens were immersed for seven days in carbonated drink. Carbonated drinks were changed daily to maintain its pH level.

Result: There were reduction in surface roughness and increased in surface roughness after immersed for seven days. The greatest deterioration occurred in group expired in 2014. Based on the Kruskal Wallis test result, there was a significant difference in surface hardness alteration ($p=0.000$) and surface roughness alteration ($p=0.000$) based on its ED.

Conclusion: ED has great impact on surface characteristics (hardness and roughness). Using expired GIC type II deal with great risk of surface deterioration when in contact with low pH level beverages.

PENDAHULUAN

Glass Ionomer Cement (GIC) merupakan bahan restorasi yang diperkenalkan dalam dunia kedokteran gigi pada sekitar tahun 1970an oleh Wilson dan Kent. GIC terdiri atas campuran bubuk yang mengandung fluoro-aluminosilikat dan larutan asam poliakrilat¹. GIC tipe II menjadi salah satu pilihan bahan restorasi sewarna dengan gigi karena memiliki beberapa kelebihan. Hal tersebut meliputi sifat estetik yang baik², biokompatibel, berikatan secara kimiawi dengan dentin, memiliki adaptasi yang lebih baik dibanding resin komposit dan amalgam, serta memiliki efek antikariogenik dengan cara melepaskan fluor³.

Restorasi dalam rongga mulut akan selalu berkontak dengan cairan, baik berupa saliva maupun minuman yang dikonsumsi. Hal

ini akan mempengaruhi karakter permukaan dari restorasi, termasuk GIC. Kontak dengan cairan akan mengakibatkan perubahan pada kekerasan serta kekasaran permukaan bahan tersebut⁴. Saat ini salah satu minuman yang banyak dikonsumsi adalah minuman berkarbonasi. Minuman ini dibuat dengan cara menambahkan karbon dioksida. Minuman berkarbonasi mengandung asam sitrat yang dapat menimbulkan erosi pada material restorasi⁵.

Bahan restorasi terkadang disimpan oleh klinisi dalam waktu yang cukup lama, tergantung dengan jumlah kebutuhan bahan dari pasien. Penyimpanan bahan restorasi terkadang mendekati atau bahkan melewati masa kedaluarsa. Masa kedaluarsa atau expiration date merupakan batas optimal penggunaan produk sejak diproduksi oleh pabrik. Informasi ini dapat kita temukan pada kemasan maupun

Dental Materials Science, Faculty of Dentistry, UNISSULA, Semarang, Indonesia
Korespondensi: dian_firdausy@unissula.ac.id

label pada botol⁶. Penelitian yang sebelumnya telah dilakukan oleh Asti dan Irmawati pada tahun 2005 tentang kekerasan permukaan GIC konvensional tipe II akibat lama penyimpanan yang membandingkan kekerasan antara GIC produksi baru dengan GIC dengan waktu penyimpanan 10 tahun memiliki perbedaan kekerasan dimana kekerasan yang lebih tinggi oleh GIC dengan waktu produksi baru⁷.

Sejauh ini belum ada penelitian yang meneliti pengaruh masa kedaluwarsa GIC terhadap perubahan kekerasan dan kekasaran permukaan setelah perendaman minuman berkarbonasi. Kekerasan permukaan yang rendah dapat mengakibatkan suatu bahan mudah terkena abrasi⁴. Sedangkan kekasaran permukaan yang tinggi dapat mengakibatkan retensi debris serta diskolorisasi⁸. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh masa kedaluwarsa GIC tipe II terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan dengan perlakuan perendaman pada minuman berkarbonasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian *true experimental laboratories* menggunakan 3 kelompok GIC tipe II berdasarkan masa kedaluarsanya. Kelompok dalam penelitian ini adalah GIC yang telah melewati masa kedaluwarsa selama 5 tahun (kedaluwarsa 2014), 3 tahun (kedaluwarsa 2016) dan yang belum melewati masa kedaluwarsa (kedaluwarsa 2021). Sebanyak 10 spesimen dari tiap kelompok berbentuk disk dengan diameter 10 mm dan ketebalan 2 mm dibuat dengan menggunakan cetakan teflon. Spesimen dibuat dengan menggunakan takaran dan metode standar pabrik. Setelah spesimen selesai dibuat, seluruh spesimen disimpan selama 24 jam di dalam inkubator dengan suhu 37°C sebelum dilakukan uji dan perlakuan.

Uji kekerasan dan kekasaran permukaan dilakukan untuk mengetahui karakteristik permukaan awal pada spesimen sebelum perlakuan. Uji kekerasan permukaan dilakukan menggunakan Vickers Hardness Tester (Shimadzu) dengan waktu indetansi 10 detik dan dinyatakan dalam satuan VHN. Sedangkan uji kekasaran permukaan dilakukan dengan Surface Roughness Tester (Mitutoyo SJ 201) dengan panjang tracing 2 mm dan cutoff berukuran 0.25 mm. Tingkat kekasaran permukaan dinyatakan dengan satuan μm .

Setiap spesimen ditempatkan dalam wadah berupa botol kaca tertutup dan diberi label untuk memudahkan identifikasi. Setiap botol spesimen diberi cairan minuman berkarbonasi (Coca-cola®) sebanyak 30ml hingga seluruh spesimen dalam botol terendam dalam cairan. Botol tempat spesimen kemudian ditutup rapat dan disimpan dalam inkubator dengan suhu 37°C. Setiap 24 jam cairan dalam botol dikeluarkan menggunakan syringe dan diganti dengan cairan minuman berkarbonasi yang baru. Hal ini dilakukan agar pH pada minuman berkarbonasi tetap stabil.

Setelah 7 hari perendaman, spesimen dikeluarkan dari botol kaca kemudian dibilas dengan air mengalir dan dikeringkan menggunakan tissue. Spesimen yang telah bersih, kemudian dimasukkan ke dalam desiccator selama 24 jam untuk menghilangkan partikel air. Kemudian dilakukan pengukuran kekerasan dan kekasaran permukaan spesimen setelah perlakuan. Hasilnya kemudian dilakukan analisa untuk mendapatkan perubahan kekerasan dan kekerasan permukaan setelah perendaman pada minuman berkarbonasi.

Data perubahan kekerasan permukaan dan perubahan kekasaran permukaan dilakukan uji beda antar kelompok berdasarkan masa kedaluarsanya. Sebelum dilakukan uji beda, data diuji normalitas dan homogenitasnya ter-

lebih dahulu menggunakan Saphiro Wilk dan Levene test. Apabila data berdistribusi normal dan homogen, dapat dilanjutkan uji beda menggunakan uji One way Annova. Namun apabila data tidak berdistribusi normal dan homogen, maka dilakukan uji Kruskall-wallis dan uji post-hoc Mann-Whitney U.

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini menganalisa perubahan kekerasan dan kekasaran permukaan GIC tipe II dengan berbagai masa kedaluarsa menggunakan perlakuan perendaman dalam minuman berkarbonasi. Karakteristik permukaan spesimen diukur sebelum dan sesudah perlakuan, kemudian dianalisa besar perubahannya menggunakan perhitungan selisih. Nilai kekerasan permukaan spesimen terdapat pada tabel 1, sedangkan tabel 2 menunjukkan kekasaran permukaan spesimen.

Semakin tinggi nilai kekerasan permukaan spesimen, maka karakteristik permukaan spesimen tersebut semakin baik, sebaliknya apabila kekasaran permukaan spesimen semakin tinggi, menunjukkan karakteristik

permukaan yang kurang baik. Berdasarkan tabel 1 dan 2, MK_2014 (lewat kedaluarsa 5 tahun) memiliki karakteristik permukaan paling rendah dibanding kedua kelompok lain dengan kekerasan permukaan paling rendah (45.58 ± 1.58 VHN) dan kekasaran permukaan paling tinggi ($8.0 \pm 0.60 \mu\text{m}$). Sedangkan kelompok GIC tipe 2 yang belum lewat masa kedaluarsa (MK_2021) memiliki karakteristik permukaan yang lebih baik dari 2 kelompok lain (kekerasan permukaan = 54.66 ± 1.38 VHN dan kekasaran permukaan = $2.03 \pm 0.71 \mu\text{m}$).

Hal yang serupa nampak pada hasil setelah 7 hari perlakuan dalam minuman berkarbonasi, dimana karakteristik permukaan tertinggi adalah pada kelompok MK_2021 dan paling rendah pada MK_2014. Untuk kekerasan permukaan paling tinggi adalah kelompok MK_2021 (46.54 ± 1.95 VHN) dan paling rendah kelompok MK_2014 (23.95 ± 1.36 VHN). Sedangkan untuk kekasaran permukaan paling tinggi pada kelompok MK_2014 ($15.45 \pm 1.54 \mu\text{m}$) dan paling rendah pada kelompok MK_2021 ($6.46 \pm 1.16 \mu\text{m}$).

Setelah mendapatkan perlakuan perendaman dalam minuman berkarbonasi selama

Tabel 1. Nilai kekerasan permukaan spesimen penelitian (VHN)

Kelompok	VHN ₀	VHN ₁	ΔVHN
MK_2014	45.58 ± 1.58	23.95 ± 1.36	-21.64 ± 1.45
MK_2016	52.03 ± 1.34	33.52 ± 4.12	-18.50 ± 5.16
MK_2021	54.66 ± 1.38	46.54 ± 1.95	-8.12 ± 2.36

Tabel 2. Nilai kekasaran permukaan spesimen penelitian (μm)

Kelompok	Ra ₀	Ra ₁	ΔRa
MK_2014	8.0 ± 0.60	15.45 ± 1.54	7.45 ± 1.78
MK_2016	5.67 ± 0.43	9.39 ± 0.54	3.72 ± 0.84
MK_2021	2.03 ± 0.71	6.46 ± 1.16	3.91 ± 1.34

Tabel 3. Hasil uji normalitas (Saphiro Wilk)

	Kekerasan Permukaan			Kekasaran Permukaan		
	VHN0	VHN1	Δ VHN	Ra0	Ra1	Δ Ra
MK_2014	0.598	0.194	0.660	0.619	0.028	0.260
MK_2016	0.624	0.690	0.139	0.219	0.000	0.189
MK_2021	0.520	0.136	0.258	0.811	0.827	0.529

Tabel 4. Hasil uji homogenitas (Levene)

	Kekerasan Permukaan			Kekasaran Permukaan		
	VHN0	VHN1	Δ VHN	Ra0	Ra1	Δ Ra
Based on Mean	0.737	0.000	0.000	0.165	0.019	0.031

Tabel 5. Hasil uji Kruskal-Wallis

<i>Kruskall-Wallis Test</i>	Kekerasan Permukaan			Kekasaran Permukaan		
	VHN0	VHN1	Δ VHN	Ra0	Ra1	Δ Ra
<i>Asymp. Sig.</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabel 6. Hasil uji Mann-Whitney U pada perubahan karakteristik permukaan

<i>Mann-Whitney U Test</i>	Δ VHN			Δ Ra		
	MK_2014	MK_2016	MK_2021	MK_2014	MK_2016	MK_2021
MK_2014		0.000	0.000		0.000	0.000
MK_2016	0.000		0.000	0.000		0.821
MK_2021	0.000	0.000		0.000	0.821	

7 hari, seluruh kelompok tampak mengalami penurunan karakteristik permukaan, Hal ini ditandai dengan penurunan kekerasan permukaan dan bertambahnya kekasaran permukaan. Penurunan kekerasan permukaan tertinggi pada kelompok MK_2014 (-21.64 ± 1.45 VHN) dan terendah pada kelompok MK_2021 (-8.12 ± 2.36 VHN). Sedangkan untuk perubahan kekasaran permukaan tertinggi pada kelompok MK_2014 ($7.45 \pm 1.78 \mu\text{m}$) dan terendah pada kelompok MK_2021 ($3.91 \pm 1.34 \mu\text{m}$).

Uji beda dilakukan untuk mengetahui perbandingan besar perubahan karakteristik per-

mukaan pada spesimen, baik untuk kekerasan permukaan maupun kekasaran permukaan. Sebelum dilakukan uji beda, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas menggunakan uji Saphiro Wilk, dan uji homogenitas menggunakan uji Levene. Hasil uji normalitas dan homogenitas terdapat pada tabel 3 dan 4.

Berdasarkan tabel 3, perubahan karakteristik spesimen pada semua kelompok menunjukkan data berdistribusi normal ($p > 0.05$), baik pada besar perubahan kekerasan maupun besar perubahan kekasaran permukaan. Namun pada hasil uji homogenitas menggunakan uji Levene pada tabel 4 menunjukkan seba-

ran data yang tidak homogen ($p < 0.05$). Besar perubahan kekerasan permukaan memiliki sebaran data yang tidak homogen ($p < 0.000$) pun pada perubahan kekasaran permukaan ($p = 0.031$). Sehingga syarat untuk uji parametrik menggunakan One way Anova pada perubahan kekerasan maupun kekasaran permukaan tidak terpenuhi. Sebagai alternatifnya, dilakukan uji Kruskal-Wallis yang hasilnya terdapat pada tabel 5.

Hasil uji statistik menggunakan Kruskal-Wallis menunjukkan perbedaan kekerasan permukaan dan kekasaran permukaan yang signifikan ($p < 0.05$) pada tiap kelompok. Besar perubahan kekerasan permukaan dan kekasaran permukaan juga terdapat perbedaan yang signifikan. Untuk membandingkan besar perubahan karakteristik permukaan pada masing-masing kelompok, maka dilakukan uji post-hoc menggunakan Mann-Whitney U (tabel 6).

Berdasarkan tabel 6, tampak bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok, baik untuk perubahan kekerasan permukaan maupun kekasaran permukaan ($p = 0.000$). Perbedaan yang tidak signifikan hanya terdapat pada perubahan kekasaran permukaan antara kelompok 2016 dan 2021 ($p = 0.821$).

DISKUSI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik permukaan (kekerasan dan kekasaran permukaan) GIC tipe II dengan berbagai masa kedaluarsa setelah perendaman pada minuman dengan pH rendah. Sampel pada penelitian ini menggunakan GIC tipe II yang sudah melewati masa kedaluarsa (2014 dan 2016) dibandingkan dengan kelompok yang belum kedaluarsa (masa kedaluarsa 2021) sebagai kelompok kontrol. Penguku-

ran karakteristik permukaan (kekerasan dan kekasaran permukaan) dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan, kemudian dihitung selisihnya.

Berdasarkan hasil penelitian, kelompok dengan masa kedaluarsa 2014 (5 tahun ED) memiliki karakteristik permukaan yang paling rendah dibanding kedua kelompok lain. Semakin lama melewati masa kedaluarsa, kekerasan permukaan spesimen semakin rendah sedangkan kekasaran permukaannya meningkat. Hal ini tampak pada hasil pengukuran awal (tabel 1 dan 2) dengan perbedaan yang cukup signifikan (tabel 5). Setelah dilakukan perlakuan, perubahan karakteristik permukaan terbesar juga terdapat pada kelompok yang telah lama melewati masa kedaluarsa. Hasil uji beda antar kelompok didapatkan perbedaan yang signifikan pada hampir semua parameter uji, baik kekerasan permukaan awal, akhir dan besar perubahannya. Hanya besar perubahan kekasaran permukaan kelompok masa kedaluarsa 2016 dan 2021 yang tidak terdapat perbedaan signifikan.

Perendaman sampel penelitian dilakukan menggunakan minuman berkarbonasi dengan merk dagang Coca Cola®. Derajat pH yang rendah hingga di bawah pH kritis pada minuman berkarbonasi memberikan efek penurunan sistem buffer saliva. Sistem buffer ini bertindak sebagai pelindung terjadinya erosi. Saat minuman berkarbonasi masuk ke rongga mulut dan berkontak dengan saliva merupakan masa potensial erosi awal dari minuman berkarbonasi yang terjadi 3 menit pertama. Dalam kurun waktu tersebut, minuman cola dapat bersifat erosi terhadap material gigi maupun tumpatan gigi⁹. Proses peningkatan nilai kekasaran permukaan GIC disebabkan karena tereksposnya partikel kaca ke permukaan semen. Hal tersebut akibat dari proses

disolusi oleh asam dalam minuman berkarbonasi yaitu adanya kandungan asam sitrat dan asam fosfor dalam minuman berkarbonasi. Asam sitrat dapat mendisolusi ion kalsium dari dalam matriks dan membentuk kompleks stabil dengan ion Al^{3+} dan Ca^{2+} ¹⁰.

Wang (2006) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa kondisi asam juga dapat mendegradasi GIC dengan cara melepaskan kation logam dari matriks semen dan menggabungkan partikel kaca ¹¹. Kation yang terlepas adalah kation alumunium dan kation kalsium yang dikelat oleh gugus karboksilat, dimana berfungsi untuk mengikat rantai silang poliakrilat ¹². Kelarutan matriks pada GIC ini dapat mengakibatkan penurunan sifat fisik dari material tersebut¹³. Tampak dalam penelitian ini, seluruh kelompok mengalami perubahan karakteristik permukaan setelah dilakukan perlakuan selama 7 hari dalam minuman berkarbonasi. Perubahan yang terjadi meliputi penurunan kekerasan permukaan dan peningkatan kekasaran permukaan.

Kekerasan permukaan merupakan salah satu faktor penting yang berpengaruh terhadap ketahanan suatu material terhadap keausan, hal ini akhirnya berpengaruh pada ketahanan jangka panjang suatu restorasi. Feng, dkk mengemukakan dalam penelitiannya bahwa GIC dengan perendaman dalam air selama 6 bulan tidak menunjukkan perubahan kekerasan permukaan yang signifikan¹⁴. Sebaliknya, Cender mengungkapkan terjadinya penurunan kekerasan permukaan pada GIC setelah perendaman menggunakan Cola Cola¹⁵. Sedangkan dalam penelitian ini, seluruh sampel mengalami penurunan kekerasan yang cukup signifikan setelah perendaman dengan minuman berkarbonasi. Masa kedaluarsa juga cukup berpengaruh terhadap perubahan kekerasan permukaan, hal ini tam-

pak pada besar penurunan kekerasan permukaan terbesar terjadi pada kelompok yang telah jauh melewati masa kedaluarsanya.

Karakteristik permukaan lain yang berpengaruh terhadap restorasi adalah kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan yang tinggi pada suatu permukaan material, menunjukkan permukaan yang tidak teratur. Hal ini dapat berpotensi menurunkan tampilan estetika material, iritasi gingiva, retensi dan maturasi plak, serta meningkatkan resiko penyakit mulut^{16,17}. Diansari (2016) mengungkapkan bahwa perendaman dalam minuman berkarbonasi dapat meningkatkan kekasaran permukaan GIC secara signifikan⁵. Dalam penelitian ini terjadi peningkatan kekasaran permukaan sampel setelah perendaman menggunakan minuman berkarbonasi. Berdasarkan lama masa kedaluarsa, terdapat perbedaan perubahan kekasaran yang cukup signifikan. GIC yang paling lama melewati masa kedaluarsa memiliki perubahan kekasaran permukaan yang paling besar dibandingkan kelompok yang lain.

Pengamatan perubahan karakteristik permukaan baik kekerasan maupun kekasaran permukaan, menunjukkan bahwa masa kedaluarsa berpengaruh terhadap karakter permukaan sampel. Hal ini dapat diamati dari perbedaan yang signifikan antar kelompok, baik nilai sebelum dan sesudah perlakuan, maupun besar perubahannya. Perubahan paling besar terjadi pada kelompok yang lebih lama melewati masa kedaluarsa. Hal ini menunjukkan bahwa masa kedaluarsa kemungkinan berpengaruh terhadap kualitas restorasi GIC.

GIC yang telah melewati masa kedaluarsa terjadi perubahan karakteristik secara fisik berupa warna cairan menjadi lebih kental dan berwarna kekuningan. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan kualitas GIC⁷. Wajong dkk (2017), menjelaskan bahwa cairan

pada Resin Modified GIC yang sudah melewati masa kedaluwarsanya berubah menjadi lebih kental disebabkan oleh penguapan air dari cairan GIC tersebut sehingga menurunkan kekuatan semen dari waktu ke waktu¹⁸. Terjadi penurunan fungsi tartaric acid pada liquid GIC yang sudah melewati masa kedaluwarsanya sehingga terjadi penurunan working time. Penurunan working time bisa terjadi satu bulan sebelum masa kedaluwarsanya. Perubahan yang terjadi pada liquid GIC tersebut akan berdampak pada reaksi setting. Perubahan pada reaksi setting GIC tentunya akan berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanis GIC. Salah satu perubahan mekanis yang dapat terlihat yaitu peningkatan kekasaran permukaan serta penurunan kekerasan permukaan GIC¹⁶.

Penelitian ini dibatasi dengan perlakuan yang dilakukan secara invitro dengan mengendalikan berbagai aspek. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan sampel yang homogen. Dalam aplikasi klinis ke dalam rongga mulut pasien, mungkin saja terjadi perbedaan karena variasi dari konsumsi makanan serta keadaan lingkungan rongga mulut¹⁴. Namun berdasarkan penelitian ini, didapatkan bahwa masa kedaluwarsa cukup berpengaruh terhadap perubahan karakteristik permukaan pada GIC tipe II setelah direndam dalam minuman berkarbonasi dengan pH rendah.

Penelitian ini hanya terbatas pada evaluasi karakteristik permukaan GIC tipe II berdasarkan masa kedaluwarsanya. Gambaran permukaan GIC berdasarkan masa kedaluwarsa sebelum dan sesudah perlakuan perlu diamati menggunakan *Scanning Electron Microscop* (SEM) agar diketahui gambaran permukaannya. Perlu dilakukan tinjauan lebih lanjut mengenai dampak penggunaan GIC yang telah melewati kedaluwarsanya terhadap sifat mekanis, performa klinis, serta efek sitotoksisi-

tasnya terhadap jaringan rongga mulut.

KESIMPULAN

1. Masa kedaluarsa berpengaruh terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan GIC tipe II.
2. Masa kedaluarsa berpengaruh terhadap tingkat kelarutan dengan minuman berkarbonasi dengan pH rendah.
3. Klinisi diharapkan lebih teliti dalam melakukan penyimpanan dan penggunaan bahan restorasi agar tidak mengaplikasikan bahan yang sudah melewati masa kedaluwarsa ke dalam rongga mulut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Phillips' science of dental materials. Elsevier Health Sciences, 2012.
2. Al-Ameer SS, Rahmatallah SS, Hadi MR. Water sorption of newly formulated resin-modified and conventional glass ionomer cements. J baghdad Coll Dent 2010; 22: 28–31.
3. Tyas M. Clinical performance of glass-ionomer cements. J Minim Interv Dent 2008; 1: 8.
4. Nurul I. Perbedaan Kekerasan Permukaan Bahan Restorasi Resin Komposit Nanofiller Yang Direndam Dalam Minuman Ringan Berkarbonasi Dan Minuman Beralkohol. Universitas Andalas, 2016.
5. Diansari V, Ningsih DS, Moulinda C. Evaluasi Kekasaran Permukaan Glass Ionomer Cement (GIC) Konvensional Setelah Perendaman Dalam Minuman Berkarbonasi. Cakradonya Dent J; 8.
6. Herawati F. Beyond Use Date Produk Steril. Rasional; 10.
7. Meizarini A, Irmawati I. Kekerasan permukaan semen ionomer kaca konvensional tipe II akibat lama penyimpanan (The surface hardness of type II conventional glass ionomer cement conventional because of the length of storage). Dent J (Majalah Kedokt Gigi) 2005; 38: 146–150.
8. Bajwa NK, Pathak A. Change in surface roughness of esthetic restorative materials after exposure to different immersion regimes in a cola drink. ISRN Dent; 2014.
9. Jensdottir T, Holbrook P, Nauntofte B, et al. Immediate erosive potential of cola drinks and orange juices. J Dent Res 2006; 85: 226–230.

10. Amer A. Effect of simulated gastric juice on surface characteristics of direct esthetic restorations. *Aust J Basic Appl Sci* 2012; 6: 686–694.
11. Wang XY, Yap AUJ, Ngo HC, et al. Environmental degradation of glass ionomer cements: A depth sensing microindentation study. *J Biomed Mater Res Part B Appl Biomater* 2007; 82: 1–6.
12. Lohbauer U. Dental glass ionomer cements as permanent filling materials?—properties, limitations and future trends. *Materials (Basel)* 2009; 3: 76–96.
13. Permatasari AP, Nahzi MYI, Widodo W. Kekasaran Permukaan Resin-Modified Glass Ionomer Cement Setelah Perendaman Dalam Air Sungai (Penelitian Menggunakan Air Sungai Desa Anjir Pasar, Barito Kuala, Kalimantan Selatan). *Dentino* 2016; 1: 57–61.
14. Feng J, Cheng L, Zhou X, et al. Effects of water aging on the mechanical and anti-biofilm properties of glass-ionomer cement containing dimethylaminododecyl methacrylate. *Dent Mater* 2019; 35: 434–443.
15. Cender APDEU, Guler E. An in vitro evaluation of the effects of different acidic beverages on the surface hardness of restorative materials. *Yeditepe J Dent* 2018; 14: 35–42.
16. Silva RC da, Zuanon ACC. Surface roughness of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment (ART). *Braz Dent J* 2006; 17: 106–109.
17. Menezes-Silva R, Cabral RN, Pascotto RC, et al. Mechanical and optical properties of conventional restorative glass-ionomer cements—a systematic review. *J Appl Oral Sci*; 27.
18. Wajong KH, Damiyanti M, Irawan B. The effects of shelf life on the compressive strength of resin-modified glass ionomer cement. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2017, p. 12101.